

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-070293

(43)Date of publication of application : 10.03.1998

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 08-223477

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 26.08.1998

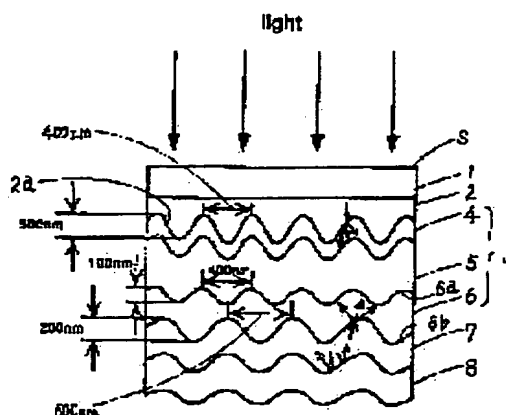
(72)Inventor : NAGANO YASUE  
SANNOMIYA HITOSHI

## (54) SOLAR CELL AND FABRICATION THEREOF

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance photoelectric conversion efficiency by differentiating the pitch and the level of irregularities between the incident side face and the opposite side face of a semiconductor layer thereby scattering the incident light and the reflected light and increasing the optical path length.

**SOLUTION:** A transparent conductive film 2 is laminated on a translucent insulating substrate 1. Irregularities for scattering an incident light are formed in the side face 2a of the transparent conductive film 2 opposite to the incident direction of light. A p-layer 4, an i-layer 5 and an n-layer 6 are laminated sequentially on the transparent conductive film 2 to form an amorphous semiconductor layer 3. Irregularities are formed in the opposite side face 6b of the n-layer 6 at different pitch and level from those of an incident side face 6a. Subsequently, a transparent conductive film 7 is laminated on the n-layer 6 and a thin film metal rear electrode 8 is formed thereon.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

07.05.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-70293

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 L 31/04

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 31/04

技術表示箇所

H

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-223477

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月26日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 長野 尉絵

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 三宮 仁

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

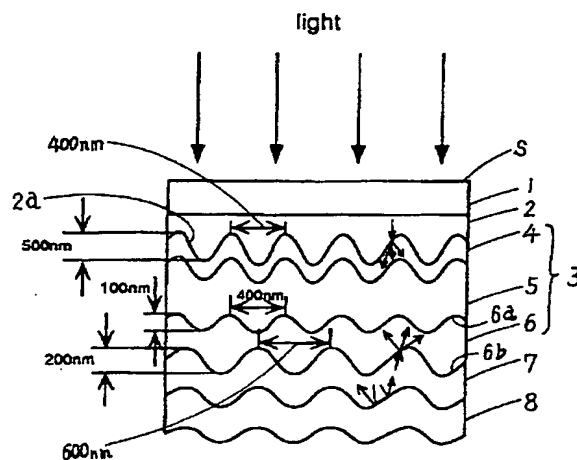
(74) 代理人 弁理士 中村 恒久

(54) 【発明の名称】 太陽電池およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体層において、入射側面とその反対側面の凹凸のピッチおよび高低差を異ならしめ、入射光および反射光を散乱させて光の光路長を増加させることにより光電変換効率を向上させる。

【解決手段】 透光性絶縁基板1に透明導電膜2を積層する。光の入射方向に対する透明導電膜2の反対側面2aに入射光を散乱させるため凹凸を形成する。透明導電膜2に順次p層4、i層5、n層6を積層して非晶質半導体層3とする。n層6の反対側面6bに、その入射側面6aの凹凸のピッチおよび高低差が異なる凹凸を形成する。n層6に透明導電膜7、金属薄膜裏面電極8を順次積層する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明導電層、半導体層、電極層が順次積層され、前記透明導電層側から入射されて前記半導体層に入った入射光および前記半導体層を通過して前記電極層で反射された反射光を前記半導体層で光電変換する太陽電池において、前記半導体層の入射側面およびその反対側面に光を散乱させるための凹凸がそれぞれ形成され、一方の凹凸と他方の凹凸とはそのピッチおよび高低差が異ならしめられたことを特徴とする太陽電池。

【請求項2】 透明導電層、該透明導電層側からp層、i層、n層の順に形成されてなる半導体層、電極層が順次積層され、前記透明導電層側から入射されて前記半導体層に入った入射光および前記半導体層を通過して前記電極層で反射された反射光を前記半導体層で光電変換する太陽電池において、前記n層の入射側面およびその反対側面に光を散乱させるための凹凸がそれぞれ形成され、一方の凹凸と他方の凹凸とはそのピッチおよび高低差が異ならしめられたことを特徴とする太陽電池。

【請求項3】 前記反対側面の凹凸の高低差が入射側面の凹凸の高低差より大とされたことを特徴とする請求項2記載の太陽電池。

【請求項4】 透明導電層に凹凸を形成し、その凹凸面の上に半導体層を積層した後、該半導体層の表面処理を行ってピッチおよび高低差が前記透明導電層の凹凸とは異なるような凹凸を形成し、その上に電極層を積層することを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項5】 透明導電層に凹凸を形成し、その凹凸面の上にp層、i層、n層の順に積層して半導体層を形成し、前記n層の表面処理を行ってピッチおよび高低差が前記i層とは異なるような凹凸を形成し、そのn層の上に電極層を積層することを特徴とする太陽電池の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽光の照射による光を吸収して光電変換することによって起電力を得る太陽電池に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的な薄膜太陽電池（以下、太陽電池と称す。）は、光電変換活性層に光が入射されると光電効果により起電力が発生するものであり、（1）ガラス等の透光性絶縁基板上に透明導電膜が形成され、その上に非晶質半導体層（光電変換活性層）のp層、i層、n層が順次積層され、さらにその上に金属薄膜裏面電極が形成されたものと、（2）基板上に金属薄膜裏面電極が形成され、その上に非晶質半導体層のn層、i層、p層が順次積層され、さらにその上に透明導電膜が形成されたものとの2種類がある。

【0003】上記の太陽電池においては、非晶質半導体層の膜厚が500nm程度のときに光電変換効率（以

下、単に効率と称す。）が最大となる。そのため、効率を向上させるためには、この薄い膜厚での光の吸収量を増加させることが重要なポイントとなる。そこで、上記2種類の太陽電池において、光の吸収量を増加させて効率の向上を図るべく種々の工夫がなされている。

【0004】上記（1）の太陽電池では、透光性絶縁基板または透明導電膜の光が入射される入射側面とは反対にある反対側面に凹凸を形成している（特開平1-219043号公報、特開昭58-57756号公報あるいは特開昭59-159574号公報参照）。

【0005】例えば、図4に示すような太陽電池Sでは、透光性絶縁基板1の反対側面1aに積層された透明導電膜としての透明導電膜2の反対側面2aに凹凸を形成し、その後非晶質半導体層3であるp層4、i層5、n層6、さらに透明導電膜7、電極層である金属薄膜裏面電極8を順次積層している。

【0006】これによると、透明導電膜2の凹凸の形成された反対側面2a上に積層された各層はその凹凸の影響を受けて各々凹凸状に形成される。そのため、太陽電池Sに照射された光(light)の透光性絶縁基板1側からの入射光が凹凸面において散乱すると、内部で反射が繰り返され、光路長が増加し、特に透明導電膜2での光の散乱による光路長が増加し、光吸収量が増加することにより効率が向上する。

【0007】また、（2）の太陽電池では、基板上に積層された金属薄膜裏面電極の入射側面に凹凸を形成したものがあ（特開平5-235389号公報参照）。

【0008】これによると、非晶質半導体層は、金属薄膜裏面電極の入射側面に形成された凹凸の影響を受け、各層が凹凸状に形成され、透明導電膜側から入射し、金属薄膜裏面電極で反射した反射光が散乱することにより光路長が増加し、特にn層での散乱による光路長が増加し、上記と同様に効率が向上する。

【0009】上記の2つの方法の内いずれかにより入射光あるいは反射光の光路長を増加させた太陽電池とそうでない太陽電池とを比較すると、光の光路長を増加させた太陽電池では、短絡電流がおおよそ30%以上増加して、効率が向上する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、透光性絶縁基板1または透明導電膜2の反対側面1a、2aに凹凸を形成した場合、その上に積層した各層が凹凸状に形成されて入射光は散乱しやすくなるが、非晶質半導体層3のp層4、i層5、n層6と順次積層されるに連れて後の層はどの凹凸の高低差（凹凸の山と谷との差）が小さくなる。この高低差が小さくなった層では、光の散乱が少なくなるために光路長の増加が期待できず、金属薄膜裏面電極8で反射した反射光の光路長は増加しなくなる。

【0011】また、逆に金属薄膜裏面電極の入射面側に

凹凸を形成した場合は、入射側の層での入射光の散乱が期待できない。

【0012】さらに、金属薄膜裏面電極に接するn層の入射側面の凹凸の高低差が、反対側面の凹凸の高低差より小さいと、反射光の光閉じ込め効果が小さくなり、光吸収量の増加が期待できない。また、反対にその入射側面の凹凸の高低差より反対側面の凹凸の高低差が大きすぎると、太陽電池が短絡しやすくなる。そのため、その高低差を適当なものにする必要がある。

【0013】さらに、各層において入射側面と反対側面のそれぞれの凹凸のピッチ（山と山あるいは谷と谷との距離）が等しい場合、ピッチが異なる場合と比較して光の散乱が少なくなるという問題点がある。

【0014】すなわち、従来では半導体層、特にn層での反対側面の凹凸の高低差やピッチを効率のよくなる値にするための具体的な手段がなかった。そこで、本発明は、上記に鑑み、光の入射側面とその反対側面の凹凸のピッチおよび高低差を異ならしめ、入射光および反射光を散乱させて光の光路長を増加させることにより光電変換効率の向上した太陽電池を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明による課題解決手段は、透明導電層、半導体層、電極層が順次積層され、透明導電層側から入射されて半導体層に入った入射光および半導体層を通過して電極層で反射された反射光を半導体層で光電変換する太陽電池において、半導体層の入射側面およびその反対側面に光を散乱させるための凹凸がそれぞれ形成され、一方の凹凸と他方の凹凸とはそのピッチおよび高低差が異ならしめられたものである。

【0016】したがって、半導体層の入射側面に形成された凹凸により入射光が散乱し、さらに反対側面に形成された凹凸により反射光が散乱するので、半導体層内で光の反射が繰り返されて光の光路長が増加し光閉じ込めが効果的に行われるようになり、光吸収量が増して効率が向上する。しかも、入射側面と反射側面との凹凸のピッチが異なっているので、入射光と反射光との位相がずれ、光の干渉作用を除去でき、光の吸収量が多くなることによっても効率が向上する。

【0017】そして、半導体層中でもn層の入射側面およびその反対側面に形成したそれぞれの凹凸において、そのピッチを異ならしめ、さらに反対側面の凹凸の高低差を入射側面の凹凸の高低差より大とすると、反対側面の表面積が入射側面の表面積よりも大となり、反射光の\*

\* 散乱が多くなって光閉じ込め効果が増し、効率が向上する。

【0018】ここで、各層を積層して形成していくことにより太陽電池は製造されるが、最初の透明導電層に凹凸を形成すると、この上に積層される各層にも凹凸は自然に形成されていくが、その積層過程において人為的に凹凸を形成することによって、上記の特徴ある凹凸が形成され、簡単な方法で効率の高い太陽電池を得ることができる。

10 【0019】

【発明の実施の形態】本発明の一実施形態である太陽電池Sは、その基本的構造は図4に示すものと同様であるが、図1に示すように、n層6の反対側面6bには、入射側面6aの凹凸とはピッチおよび高低差が異なる凹凸が形成されている。そのため、n層6の反対側面6bに積層される透明導電膜7、金属薄膜裏面電極8のそれぞれの入射側面および反対側面はn層6の反対側面6bの凹凸の影響を受けた凹凸状に形成される。以下、この太陽電池Sの製造方法について説明する。

20 【0020】まず、ガラス基板等の透光性絶縁基板1上にスパッタリング法、蒸着法、CVD法等により、ITO（酸化インジウム酸化錫化合物）、SnO<sub>2</sub>（酸化錫）あるいはZnO（酸化亜鉛）等の透明導電膜2を形成する。なお、透光性絶縁基板1は、フィルム等の他の材料の基板を用いてもよく、透光性で表面反射率の低いものがよい。

30 【0021】そして、この透明導電膜2の反対側面2aにブラスト法、エッチング法、スタンピング法等で凹凸を形成する。なお、ブラスト法を使用する場合には、最適なパラメータ（設定条件）を設定して凹凸を形成する必要がある。そして、本実施形態の太陽電池Sでは、透明導電膜2の反対側面2aの凹凸のピッチを400nm、高低差を500nmとする。

40 【0022】その後、透明導電膜2に、エビタキシャル成長、熱拡散、イオンブランチーション等によりSi等の非晶質半導体層3のp層4、i層5、n層6を順次積層していく。このとき、透明導電膜2の反対側面2aに形成された凹凸の影響を受け、各層4～6が凹凸状に形成される。ここで、プラズマCVD装置を用いた場合、凹凸の高低差に応じて最適とされる層厚（膜厚）にするための各層4～6の成形条件として、基板温度、パワー、圧力を表1に示す。

【0023】

【表1】

	基板温度 (°C)	パワー (W/cm <sup>2</sup> )	圧力 (Torr)	ガス流量 (sccn)
p層	170	0.5	0.25	SiH <sub>4</sub> :1, H <sub>2</sub> :100, B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> :0.01
i層	170	0.1	0.12	SiH <sub>4</sub> :42, H <sub>2</sub> :14
n層	170	0.5	0.25	SiH <sub>4</sub> :1, H <sub>2</sub> :100, PH <sub>3</sub> :0.01

【0024】透明導電膜2の凹凸の高低差が500nm 50 程度の場合、p層4の層厚を150nm、i層5の層厚

を500nm、n層6の層厚を350nmに設定する。

【0025】このような層厚で順次積層した場合、透明導電膜2の反対側面2aの凹凸の影響を受けたn層6の入射側面6aの凹凸は高低差が100nm程度であり、約400nmのピッチとなり、透明導電膜2の反対側面2aの凹凸と同ピッチで高低差が小さくなる。

【0026】その後、n層6の反対側面6bの凹凸がその入射側面6aの凹凸のピッチおよび高低差よりも大となるように、ブラスト法によりn層6の表面処理を行う。ブラスト法は、サンドを使用したサンドブラスト法あるいはカーボラダム、アランダム、アルミナ、ホワイトアルミナ等の粒（ショット）を使用したショットブラスト法等である。なお、n層6の表面処理は、エッチング法やスタンピング法等でもよいが、ブラスト法によればパラメータの設定を変更するだけで削り込み量が容易にコントロールできる。

【0027】このブラスト法では、図2に示すように、n層6まで積層した基板Saをトレイ9にセットし、噴射ノズル10から砥粒11をn層6の反対側面6bに向けて吹き付ける。このとき、噴射ノズル10の位置は固定しておき、トレイ9をローラコンベア12等で設定速度で移動させる。なお、砥粒11として、サンドあるいはショットを用い、その大きさは粒度（#）2000より小さいものを用いる。また、ノズル10は、直径7mm程度であり、基板Saの大きさや処理速度に応じてノズル10の数を設定する。

【0028】この表面処理時のパラメータは、砥粒11の噴射圧力を3～4kg/cm<sup>2</sup>程度、噴射距離（噴射ノズル10先端から基板Saまでの距離）を15cm程度、噴射角度（基板Saに対する噴射ノズル10の角度）を90度、トレイ9の移動速度を125mm/min、砥粒11の噴射量を100g/min程度にする。

【0029】そして、上記パラメータに基づいて表面処理をすると、n層6の反対側面6bの全面にわたって形成された凹凸は、ピッチが600nm程度、高低差が200nm程度となり、n層6の平均層厚が80nm程度となる。なお、上記で示したパラメータは一例であり、工程処理能力の速度を変更するため等でトレイ9の移動速度を変更した場合には、噴射圧力、噴射距離等を最適な値に設定変更する必要がある。

【0030】ところで、n層6の削り込み量が少ないと、n層6での光の吸収があるため効率が低下する。また、n層6を削りすぎてしまうと効率が低下しはじめ、さらに削るとp層4まで達して、太陽電池Sは短絡してしまうといった不具合が起きる。そのため、n層6の表面処理時には、適切な削り込み量にする必要がある。

【0031】ここで、図3にn層6の削り込み量を変化させるため、トレイ9上にセットした基板Saの送り速度を変化させた場合の基板送り速度（mm/min）と効率η（%）との関係を示す。送り速度が300mm/

min以上ではあまり削れていないので効率は低いが、送り速度を遅くするにしたがって削り込みが多くなり、しだいに効率は向上し、125mm/min程度で効率は最大となる。これ以上速度を遅くすると、n層6を削りすぎ、必要以上に層厚が薄くなって効率が低下する。さらに、n層6の層厚が実質的になくなり、p層4が一部分露出するような状態になると、n層6の上に積層する金属薄膜裏面電極8とp層4とが短絡し、太陽電池Sは通常短絡状態となって使用不能となる。

【0032】そして、n層6を表面処理した後、スパッタリング法、蒸着法等によりZnO（酸化錫）で透明導電膜7を60nmで積層し、その後Ag等により層厚500nmの金属薄膜裏面電極8を積層して、太陽電池Sが完成する。

【0033】上記構成の太陽電池Sにおいて、透光性絶縁基板1側から太陽、蛍光灯の光（light）が照射されると、その入射光は透光性絶縁基板1を透過し、透明導電膜2に至る。透明導電膜2に入射した光は、透明導電膜2の反対側面2aに形成された凹凸により散乱し、光路長が増加することになる。そして、さらに光電変換活性層である非晶質半導体層3に光が至ると、光電変換され起電力が発生する。このとき、各層4～6においても光は散乱して光路長は増加するが、積層するにしたがって凹凸の高低差が小さくなり、光路長の増加は少なくなる。

【0034】非晶質半導体層3を透過した光は、金属薄膜裏面電極8によって反射され、反射光として透光性絶縁基板1側に向かう。このとき、n層6の反対側面6bを表面処理しているため、反対側面6bの凹凸の高低差が大きくなっており、散乱が多くなるので光閉じ込め効果により光吸収量が増加する。

【0035】また、n層6に至った反射光は、反対側面6bで散乱して光路長が増加することになる。この光も吸収され光電変換されて起電力が発生することになる。このとき、n層6では、入射側面6aの凹凸と反射側面6bの凹凸とのピッチが異なるため、光の干渉作用が除去され光吸収量がさらに増加する。これにより、太陽電池Sの短絡電流が向上することになる。したがって、太陽電池Sでは、光の入射側にある透明導電膜2と反射側にあるn層6での光の散乱が増加し、全体の光吸収量が増すことにより効率が大きく向上する。

【0036】本実施形態の太陽電池Sの特性としては、短絡電流I<sub>sc</sub>は19.8mA/cm<sup>2</sup>、開放電圧V<sub>oc</sub>は0.85V、曲線因子FFは0.73、効率ηは12.2%が得られ、この特性は従来の太陽電池Sと比較して、短絡電流I<sub>sc</sub>の値は約7%大きくなっており、効率において約0.7%向上している。

【0037】このように、透明導電膜2の反対側面2aに凹凸を形成し、さらにn層6の反対側面6bにその入射側面6bの凹凸とは異なったピッチおよび高低差の凹

凸を形成することにより、非晶質半導体層3の入射側面および反対側面にはピッチおよび高低差の異なった凹凸が形成されることになり、入射側面に形成された凹凸により入射光を散乱し、さらに反対側面に形成された凹凸により反射光を散乱するので、光の光路長が増加し光吸収量が増して効率が向上する。しかも、入射側面と反対側面とで凹凸のピッチが異なることにより、光の位相がずれて光の干渉作用を除去でき、光の吸収量が多くなる。そのため、太陽電池Sの短絡電流を増加させることができる。

【0038】また、基板上に金属薄膜裏面電極、非晶質半導体層のn層、i層、p層、透明導電膜が順次積層された太陽電池においては、まず基板に積層した金属薄膜裏面電極の入射側面に凹凸を形成し、その上にn層、i層、p層を順次積層し、そのp層の入射側面に凹凸を形成することにより、上記と同様の効果を奏することができる。

【0039】したがって、半導体層を形成した後に、その表面に再度凹凸を形成する工程を加えるという簡単な方法によって、上記の如く効率のよい太陽電池を製造することができる。

【0040】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で上記実施形態に多くの修正および変更を加え得ることは勿論である。例えば、n層の反対側面にテクスチャエッチング、ダイシング、レーザー加工等によって溝を形成して、凹凸としてもよい。

【0041】

【発明の効果】以上の説明から明らかな通り、本発明によると、半導体層の入射側面およびその反対側面に光を\*

\* 散乱させるための凹凸がそれぞれ形成され、一方の凹凸と他方の凹凸とのピッチおよび高低差を異ならしめることにより、入射光および反射光が散乱し、光の光路長が増加するので、光吸収量が増して効率が向上する。しかも、凹凸のピッチが異なることにより、光の干渉効果を除去でき、光の吸収量が多くなる。

【0042】特に、n層の入射側面およびその反対側面の凹凸のピッチおよび高低差を異ならしめることにより、半導体層での光吸収量がさらに増加する。しかも、n層の反対側面の凹凸の高低差が入射側面の凹凸の高低差より大とすると、光閉じ込め効果が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の太陽電池の模式図

【図2】ブラスト法による表面処理の概略説明図

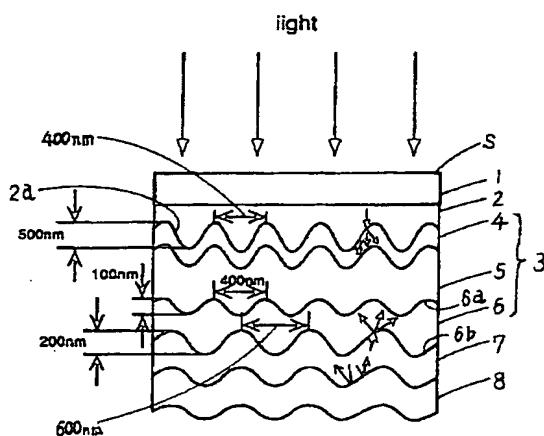
【図3】ブラスト法での基板送り速度と太陽電池の光電変換効率との関係を示す図

【図4】従来の太陽電池の模式図

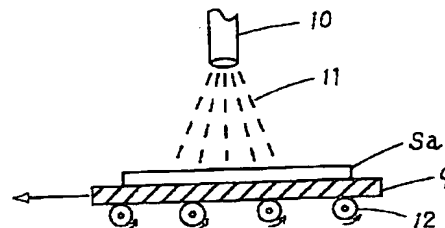
【符号の説明】

- |    |          |
|----|----------|
| 1  | 透光性絶縁基板  |
| 2  | 透明導電膜    |
| 3  | 半導体層     |
| 4  | p層       |
| 5  | i層       |
| 6  | n層       |
| 6a | 入射側面     |
| 6b | 反対側面     |
| 7  | 透明導電膜    |
| 8  | 金属薄膜裏面電極 |
| S  | 太陽電池     |

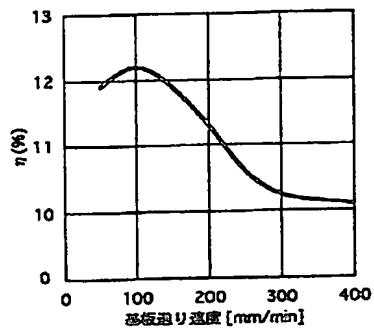
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

